

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-308533

(43)Date of publication of application : 17.11.1998

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

H01S 3/18

(21)Application number : 09-119114

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 09.05.1997

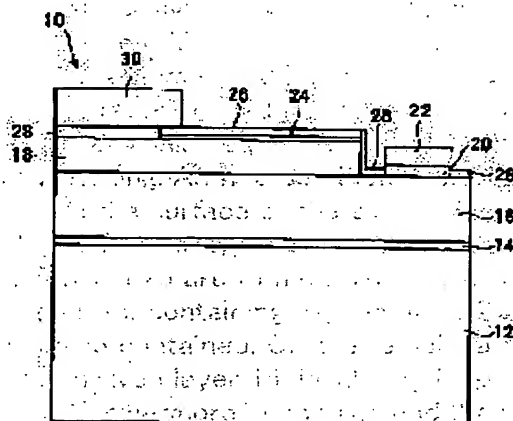
(72)Inventor : OKAZAKI HARUHIKO

(54) GALLIUM-NITRIDE-BASED COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT, ITS MANUFACTURE AND LIGHT EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to improve optical transmittance by transmitting the light generated in the inside of a laminated structure through a light transmitting electrode comprising the metal containing oxygen, and taking out the light.

SOLUTION: A light emitting element 10 has a laminated body, wherein a buffer layer 14, an n-type layer 16, and a p-type layer 18 are laminated on a sapphire substrate 12 in this sequence. Then, a part of the P-type layer 18 is removed by etching. An n-type electrode 20 and an overcoat layer 22 are deposited on the surface of the exposed n-type layer 16. At this time, on the surface of the p-type layer 19, an impurity layer 24 and a light transmitting electrode 26 are formed. The transmitting electrode 26 is composed of, e.g. nickel containing oxygen and hydrogen. In addition, magnesium is also contained. On the remaining surface of the p-type layer 18 and the n-type layer 16, insulating layers 28 are deposited, respectively. Furthermore, a bonding pad 30, which is connected to the light transmitting electrode 26, is formed on the insulating film 28.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.11.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

18.02.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Patent number]

[Date of registration]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

[Date of extinction of right]

Best Available Copy

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-308533

(43) 公開日 平成10年(1998)11月17日

(51) Int.Cl.⁵

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-119114

(22) 出願日 平成9年(1997)5月9日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 岡崎 治彦

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内

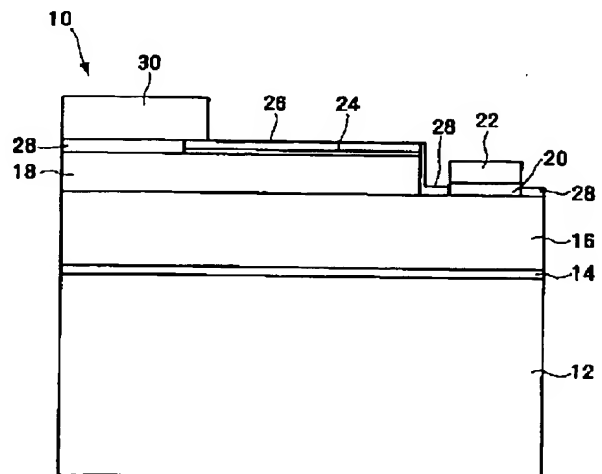
(74) 代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子およびその製造方法ならびに発光装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体層側から光を取り出すことを可能とし、サファイア基板を下面としてマウントしても十分な発光強度が得られるばかりでなく、製造歩留まりおよび信頼性も向上された窒化ガリウム系化合物半導体発光素子及びその製造方法ならびに発光装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 基板上に堆積した窒化ガリウム系化合物半導体層の最上面に酸素と金属元素とを含む透光性電極を形成し、この電極を透過させて発光を取り出すようにする。この透光性電極に水素を含有させるとさらに光透過率を向上させることができる。また、透光性電極の下にドーパントの層を設け、熱処理を施すことにより、接触抵抗を低減することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板と、

前記基板上に堆積された少なくとも1層の第1導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層と、前記第1導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層の上に堆積された少なくとも1層の第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層と、からなる積層構造体と、

前記第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層の表面上に形成され、酸素を含有し、ニッケル、チタン、白金、タングステン、パラジウム、モリブデン、バナジウム、イリジウム、ロジウム、コバルト、金、マグネシウム、及びアルミニウムからなる群から選択された金属からなる透光性電極と、

を備え、前記積層構造体の内部で生じた発光を前記透光性電極を透過させて取り出すようにしたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項2】前記第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層と、前記透光性電極との間に設けられた、透光性を有する薄膜金属層をさらに備えたことを特徴とする請求項1記載の発光素子。

【請求項3】前記薄膜金属層は、前記窒化ガリウム系化合物半導体を前記第2導電型とするドーパントをさらに含有することを特徴とする請求項1または2に記載の発光素子。

【請求項4】前記透光性電極は、前記窒化ガリウム系化合物半導体を前記第2導電型とするドーパントをさらに含有することを特徴とする請求項1または3に記載の発光素子。

【請求項5】前記透光性電極は、さらに水素を含有することを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載の発光素子。

【請求項6】前記基板はサファイアであり、前記第1導電型はn型であり、前記第2導電型はp型であり、前記透光性電極を構成する前記金属はニッケルであることを特徴とする請求項1記載の発光素子。

【請求項7】基板上に、少なくとも1層の第1導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層を成長し、前記第1導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層の上に少なくとも1層の第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層を成長する、結晶成長工程と、

前記第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層の表面上に、ニッケル、チタン、白金、タングステン、パラジウム、モリブデン、バナジウム、イリジウム、ロジウム、コバルト、金、マグネシウム、及びアルミニウムからなる群から選択された金属からなり、さらに酸素を含有した透光性電極を形成する、電極形成工程と、

を備えたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項8】基板上に、少なくとも1層の第1導電型の

窒化ガリウム系化合物半導体の層を成長し、前記第1導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層の上に少なくとも1層の第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層を成長する、結晶成長工程と、

前記第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層の表面上に、前記第2導電型のドーパントを含む不純物層を堆積する、不純物堆積工程と、

前記不純物層の表面上に、ニッケル、チタン、白金、タングステン、パラジウム、モリブデン、バナジウム、イリジウム、ロジウム、コバルト、金、マグネシウム、及びアルミニウムからなる群から選択された金属からなり、さらに酸素を含有した透光性電極を形成する、電極形成工程と、

400℃以上の温度で熱処理を施すことにより、前記不純物層から前記ドーパントを前記第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層と前記透光性電極とに拡散させて接触抵抗を低減させる、熱処理工程と、

を備えたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項9】前記電極形成工程は、酸素を含む雰囲気中で、前記金属をスパッタリングすることにより前記透光性電極を堆積する工程を含むことを特徴とする請求項7または8に記載の方法。

【請求項10】前記熱処理工程において、前記第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層に含有されている水素が放出され、前記放出された水素のうちの少なくとも一部が前記透光性電極に含有されることを特徴とする請求項8または9に記載の方法。

【請求項11】前記基板はサファイアであり、前記結晶成長工程における結晶成長法は水素ガスを含む気相成長法であり、前記第1導電型はn型であり、前記第2導電型はp型であり、前記ドーパントは、マグネシウムであり、前記透光性電極を構成する前記金属はニッケルであり、前記熱処理は、800℃以下の温度で行うことを特徴とする請求項10記載の方法。

【請求項12】リード・フレームと請求項1～6のいずれか1つに記載の発光素子と、

を備えた発光装置であって、前記発光素子は、前記リード・フレームの実装部に前記基板の裏面を接着面としてマウントされ、前記発光素子の前記積層構造体の内部で生じた発光を前記透光性電極を透過させて取り出すようにしたことを特徴とする発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子およびその製造方法ならびに発光装置に関する。より詳しくは、本発明は、基板上にGa

N、InGa_N、GaAlNなどの窒化ガリウム系化合物半導体層が積層された発光素子において、積層された半導体層の表面から光を取り出すように透光性の電極を有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子およびその製造方法ならびに発光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、Ga_N、InGa_N、GaAlNなど窒化ガリウム系化合物半導体が、青色あるいは緑色の波長領域で発光する発光ダイオード(LED)として注目されている。このような窒化ガリウム系化合物半導体を用いることによって、これまで困難とされていた青色または緑色領域での高い強度の発光が可能となってきた。これらの窒化ガリウム系化合物半導体は、一般にサファイア基板上に結晶成長される。

【0003】しかし、サファイアは電氣的に絶縁性を有するために、窒化ガリウム系半導体発光素子では、ガリウム砒素などの導電性の基板を用いた発光素子の場合と異なり、基板裏面に電極を設けることができない。このために、結晶成長した半導体層側にアノードとカソードの両方の電極を形成することが必要とされている。また、窒化ガリウム系化合物半導体発光素子では、サファイア基板が発光波長に対して透光性を有するために、電極面を下側にして素子をマウントし、サファイア基板側から光を取り出すことが多かった。なお、本明細書において「窒化ガリウム系化合物半導体」とは、Ga_xAl_yIn_{1-x-y}N (0<x, y≤1, x+y≤1) なる化学式において組成比x及びyをそれぞれの範囲内で変化させたすべての組成の半導体を含むものとする。例えば、Ga_N (x=1, y=0) も「Ga_xAl_yIn_{1-x-y}N」に含まれるものとする。

【0004】図8は、従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を用いた発光装置の概略構成を表す断面図である。まず、発光素子110について説明すると、発光素子110は同図において最上部に表されているサファイア基板112の上にGa_Nバッファ層114、n型Ga_N層116、およびp型Ga_N層118がこの順序で積層された構成を有する。p型Ga_N層118の上には、p側電極120が堆積されている。また、p型Ga_N層118の一部はエッチング除去されて、n型Ga_N層116が露出され、その表面にn側電極122が堆積されている。n側電極122の上には、さらにオーバーコート電極124が積層されている。

【0005】このような発光素子110は、リードフレーム130の実装面上に、各電極120、124を下に向けて、銀ペーストなどの導電性接着材料140によりマウントされている。図8に示したような従来の発光素子では、p型Ga_N層118からn型Ga_N層116に駆動電流が注入されて発光が生ずる。この発光のうち、図中の上に向かう成分は、そのままサファイア基板112を透過して取り出される。また、図中の下に向かう発

光成分は、p側電極120により反射されて上方に向かい、サファイア基板112を透過して取り出される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図8に示したような従来の半導体発光素子では、導電性接着剤140がはみ出して、リードフレーム130の対向する電極間隙132や、発光素子110のpn接合間隙128にまで広がりが易かった。この結果として、これらの電極間や接合間でショートが発生し、マウント工程の歩留まりが著しく低下すると共に、長期的信頼性においても問題を生ずることがあった。

【0007】これらの問題を避けるためには、素子サイズを大きくして、pn接合間隙128とリードフレームの電極間隙132を広くすれば良い。しかし、素子サイズを大きくすると、ウェーハから得られる素子数が減少するために、製造コストが上昇するという新たな問題を生ずることとなる。

【0008】本発明は、かかる点に鑑みてなされたものである。すなわち、本発明は、半導体層の表面に透光性およびオーミック性が良好な電極を形成することにより、半導体層側から光を取り出すことを可能とし、サファイア基板を下面としてマウントしても十分な発光強度が得られるばかりでなく、製造歩留まりおよび信頼性も向上された窒化ガリウム系化合物半導体発光素子及びその製造方法ならびに発光装置を提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明による半導体発光素子は、基板と、前記基板上に堆積された少なくとも1層の第1導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層と、前記第1導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層の上に堆積された少なくとも1層の第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層と、からなる積層構造体と、前記第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層の表面上に形成された、酸素を含有してなる金属からなる透光性電極と、を備え、前記積層構造体の内部で生じた発光を前記透光性電極を透過させて取り出すようにしたことを特徴とするものとして構成される。

【0010】また、この透光性電極に、さらに水素を含有させることによって、光透過率を向上させてより効率的に光を取り出すことができる。

【0011】また、この透光性電極に、前述の第2導電型のドーパントをさらに含有させることにより、接触抵抗を低減することができる。

【0012】また、この透光性電極を構成する前記金属は、ニッケル、チタン、白金、タングステン、パラジウム、モリブデン、バナジウム、イリジウム、ロジウム、コバルト、金、マグネシウム、及びアルミニウムからなる群から選択された金属とすることにより光透過率の高い良好な電極を形成することができる。さらに、前記

基板はサファイアであり、前記第1導電型はn型であり、前記第2導電型はp型であり、前記ドーパントは、マグネシウムであり、前記透光性電極を構成する前記金属はニッケルとすることにより従来の材料や製造工程を利用して高性能な発光素子を得ることができる。

【0013】また、本発明による製造方法は、基板上に、少なくとも1層の第1導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層を成長し、前記第1導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層の上に少なくとも1層の第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層を成長する、結晶成長工程と、前記第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層の表面上に、前記第2導電型のドーパントを含む不純物層を堆積する、不純物堆積工程と、前記不純物層の表面上に、酸素を含有してなる金属からなる透光性電極を形成する、電極形成工程と、熱処理を施すことにより、前記不純物層から前記ドーパントを前記第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層と前記透光性電極とに拡散させて、接触抵抗を低減させる、熱処理工程と、を備えたことを特徴とするものとして構成される。

【0014】ここで、熱処理工程において、前記第2導電型の窒化ガリウム系化合物半導体の層に含有されている水素が放出され、前記放出された水素のうちの少なくとも一部が前記透光性電極に含有されるようにすることにより、透光性電極の光透過率をさらに向上させることができる。

【0015】また、透光性電極を構成する前記金属は、ニッケル、チタン、白金、タングステン、パラジウム、モリブデン、バナジウム、イリジウム、ロジウム、コバルト、金、マグネシウム、及びアルミニウムからなる群から選択された金属とすることにより、光透過率の高い良好な電極を形成することができる。

【0016】さらに、前記基板はサファイアであり、前記第1導電型はn型であり、前記第2導電型はp型であり、前記ドーパントは、マグネシウムであり、前記透光性電極を構成する前記金属はニッケルであることを特徴とするものとして構成することにより、材料や製造装置を大幅に変更することなく高性能な発光素子を製造することができる。

【0017】また、本発明による発光装置は、リード・フレームと前述したいずれかの発光素子とを備え、リード・フレームの実装部に前記基板を接着面としてマウントされて、前記発光素子の前記積層構造体の内部で生じた発光を前記透光性電極を透過させて取り出すようにしたことを特徴とするものとして構成され、簡易な製造工程で高性能な発光装置を得ることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下に図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構成を表す概略断面図である。すなわち、本発明による発光素子10は、サ

ファイア基板12上に、バッファ層14、n型層16、p型層18がこの順序に積層された積層体を有する。そして、p型層18の一部はエッチング除去され、露出されたn型層16の表面に、n側電極20およびオーバーコート層22が堆積されている。

【0019】ここで、本発明においては、p型層18の表面に不純物層24および透光性電極26が形成されている。図1に示した不純物層24は、例えばマグネシウムなどの不純物薄膜層を堆積後に、加熱処理を施すことにより、マグネシウムなどの不純物をp型層18と電極層26にそれぞれ拡散させる工程を経て得られるものである。従って、製造工程中に堆積する不純物の膜厚やその後の加熱処理の条件により、製造工程終了後の不純物層24の膜厚や組成は種々に異なる。例えば、当初堆積した不純物のすべてが、その後の熱処理によってp型層18と電極層26とに完全に拡散混入した場合は、製造工程終了後には不純物層24は実質的には存在しない。一方、当初堆積した不純物の一部が、その後の熱処理によってp型層18と電極層26とに拡散するが、残りの一部が未拡散のまま残留するような場合は、製造工程後にも不純物層24が存在する。図1は、このように、不純物層が残留する場合を例示したものである。

【0020】また、透光性電極26は、例えば、酸素と水素とを含有するニッケルにより構成され、さらに、前述したマグネシウムも含有している。p型層18とn型層16の残りの表面部分の上には、それぞれ絶縁膜28が堆積されている。また、絶縁膜28の上には透光性電極26と接続されたボンディング・パッド30が形成されている。

【0021】このような発光素子の、まず、透光性電極26について説明する。図2は、ニッケルに酸素と水素を含有させた場合の光透過率を示す特性図である。すなわち、同図の横軸は光の波長を表し、縦軸は光の透過率を表す。また、同図においては、ニッケル薄膜と、酸素を含有したニッケル薄膜と、酸素および水素を含有したニッケル薄膜のそれぞれについて光透過率を示した。ここで、各薄膜の厚さは、ニッケル薄膜が10ナノメートルであり、酸素を含有したニッケル薄膜と、酸素および水素を含有したニッケル薄膜はそれぞれ50ナノメートルである。

【0022】図2から分かるように、ニッケルのみの場合は光透過率が40%以下であるが、酸素が導入されると透過率が顕著に改善されて約85%まで上昇する。すなわち、酸素を導入したニッケル膜は、膜厚が5倍程度も厚いにもかかわらず、光透過率がニッケル薄膜の2倍以上に上昇する。さらに、水素が導入されると透過率は改善されて約90%となる。このように、ニッケルに酸素と水素とを含有させることにより、窒化ガリウム系半導体の発光波長領域において、光の透過率を90%近くまで上昇させることができる。その結果として、透光性

電極 26 を透過させて十分な強度の発光を取り出すことが可能となる。

【0023】ここで、透光性電極 26 の最適な酸素の含有量は、金属元素の種類や電極の形成方法により異なる。本発明者の実験によれば、一般的な傾向として、酸素含有量が少なすぎると、透光性が十分でなく、一方、酸素含有量が多すぎると、導電性が不足する傾向が見られた。また、金属元素としてニッケルを用いた実験によれば、酸素含有雰囲気中でスパッタリングすることにより透光性電極を堆積する場合には、形成されるニッケル 10 酸化物中の酸素含有量が原子濃度で約 70% 以下であるような場合に、良好な透光性と導電性とが得られることが分かった。

【0024】次に、本発明の発光素子 10 の不純物層 24 の作用について説明する。本発明においては、前述したように、p 型層 18 の表面にマグネシウムなどの不純物を堆積し、熱処理を施すことによってその不純物を p 型層 18 と透光性電極 26 とに拡散させる。この場合に、不純物としては、p 型層 18 の導電型と同一のドーパントを用いる。このように、ドーパントを拡散させることにより、透光性電極 26 のオーミック性が大幅に改善される。なお、本発明者の実験によれば、前述したように、堆積したドーパントが熱処理により全て拡散して、製造工程後に不純物層 24 が残留しないような場合にも、このようなオーミック性の改善の効果は同様に生ずる。

【0025】図 3 は、マグネシウム不純物層 24 を設けた場合と設けない場合とを比較して示した素子の I-V 特性図である。ここでは、評価用の素子を試作して、I-V 特性の評価を行った。同図から分かるように、マグネシウムを導入しない素子では、電圧が 2 ボルト以上まで電流が殆ど流れず強い整流特性を示している。しかし、マグネシウムを導入した素子では、線型の電圧電流特性が得られ、オーミック性が大幅に改善され、電極の接触抵抗が顕著に低下している。本発明によれば、p 型層 18 と透光性電極 26 との間に p 型のドーパントであるマグネシウムの層を設け、しかる後に熱処理を施してマグネシウムを拡散させる。従って、p 型層 18 と透光性電極 26 との界面付近で、マグネシウムが高濃度に導入され、極めて効果的に接触抵抗を低下することができる。 40

【0026】一方、p 型層を結晶成長する際に水素が結晶中に取り込まれることが多い。この水素は、上述の熱処理の際に p 型層から放出され、酸素を含有するニッケルからなる透光性電極 26 に拡散して、電極の透過率をさらに上昇させるという効果も得られる。

【0027】以上、説明したように、本発明によれば、まず、透光性電極 26 の光透過率が顕著に改善される。さらに、電極のオーミック性も改善される。その結果として、図 8 に示したような従来の素子と異なり、発光層 50

側、すなわち窒化ガリウム半導体側から効率的に光を取り出すことができる。

【0028】次に、本発明の変形例について説明する。図 4 は、本発明による発光素子の第 2 の例を表す、p 側電極周辺の要部拡大図である。同図に示した発光素子においては、p 型層 18 の上に、第 1 の薄膜金属層 25 が形成され、さらにその上に透光性電極 26 が形成されている。第 1 の薄膜金属層 25 は、発光素子の発光を透過させる程度の薄膜とすることが望ましく、例えば、厚さが 5 ナノメートル程度の金を用いることができる。また、透光性電極 26 としては、例えば、厚さが 100 ナノメートル程度の酸素を含有したニッケルの層とすることができ。このように、透光性電極 26 と p 型層 18 との間に薄膜金属層 25 を設けることにより、電極のシート抵抗を低減させ、導電性を改善することができる。さらに、薄膜金属層 25 の材料として、p 型層 18 とのオーミック性が良好な材料を選択すれば、図 1 に関して前述したような不純物層 24 を設ける必要がなくなる。

【0029】次に、図 5 は、本発明による発光素子の第 3 の例を表す、p 側電極周辺の要部拡大図である。同図に示した発光素子においては、p 型層 18 の上に、まず、不純物層 24 が形成され、その上に、第 1 の薄膜金属層 25 と透光性電極 26 とがこの順序に形成されている。ここで、不純物層 24 は、図 1 に関して前述したように、p 型層 18 のドーパントとなる不純物を堆積後、熱処理を施して上下の層にその不純物を拡散させた後に残留する層である。また、第 1 の薄膜金属層 25 は、前述した図 4 の場合と同様に、発光素子の発光を透過させる程度の薄膜とすることが望ましく、例えば、厚さが 5 ナノメートル程度の金を用いることができる。また、透光性電極 26 としては、例えば、厚さが 100 ナノメートル程度の酸素を含有したニッケルの層とすることができる。

【0030】図 5 に示した発光素子においては、p 型層 18 と第 1 の薄膜金属層 25 との間にドーパントとなる不純物層 24 を設け、熱処理により、その不純物を p 型層 18 と第 1 の薄膜金属層 25 とに拡散させるようにしている。従って、前述した電極のシート抵抗の低減という効果に加えて、電極コンタクトのオーミック性が改善され、接触抵抗が低減されるという効果も得ることができる。

【0031】次に、本発明による発光層の製造工程について、図 1 を参照しつつ説明する。まず、サファイア基板 12 上に、バッファ層 14、n 型層 16、p 型層 18 をこの順序に結晶成長する。バッファ層 14 の材料としては、例えば GaN を用いることができる。n 型層 16 の材料としては、例えば n 型の GaN を用いることができる。また、p 型層 18 の材料としては、例えば p 型の GaN を用いることができる。また、n 型層 16 と p 型層 18 との間に n 型クラッド層と活性層と p 型クラッド

層とをこの順序で積層しても良い。これらの各半導体層の結晶成長法としては、例えば有機金属気相成長法 (MOCVD) を用いることができる。MOCVDを用いた場合には、キャリアガスの水素が結晶中に取り込まれることがあり、前述したように、この水素が素子の熱処理に際してニッケル電極 26 に拡散してその光透過性を向上させるという効果も得ることができる。

【0032】しかし、その他の成長法として、例えば、有機金属を原料に用いない気相成長法や、化学ビーム・エピタキシャル法 (CBE) を用いることもできる。

【0033】結晶成長に続いて、p型層 18 の一部を PEP 法によりパターニングし、さらに反応性イオン・エッチング (RIE) 法などを用いてエッチングすることにより、n型層 16 を露出させる。

【0034】次に、PEP 法によりパターニングを施し、n型層 16 の表面上にチタン及び金をこの順序で堆積し、リフト・オフ法により n 側電極 20 を形成する。

【0035】次に、PEP 法によりパターニングを施し、p型層 18 の上に厚さ約 1 ナノメートルのマグネシウム層を堆積し、さらに厚さ約 100 ナノメートルの酸素を含有するニッケル層を堆積し、リフト・オフ法によりこれらをパターニングする。これらの層の堆積方法としては、例えば高周波スパッタ法を用いることができる。すなわち、酸素を含む雰囲気中で、ニッケルをターゲットとしてスパッタリングを行うことにより、酸素を含有するニッケル層を堆積することができる。

【0036】次に、熱処理を施す。その条件は、マグネシウム層の厚さなどに依存する。本発明者の実験によれば、不純物の拡散を生じさせ、オーミック性を改善するためには 400℃以上の温度で熱処理を施すことが望ましいことが分かった。また、熱処理温度が高すぎると、ニッケル層から酸素が放出される等の弊害が生ずることがあり、その温度の上限は、800℃とすることが望ましいことも分かった。

【0037】ここでは、熱処理の条件を、700℃で 20 分間とした。この熱処理によって、p型層 18 から水素が放出されてニッケル電極層 26 に拡散し、その光透過率を向上させる。また、マグネシウムが p型層 18 と電極 26 とにそれぞれ拡散して活性化され、オーミック性が改善されて接触抵抗が低下する。さらに、p側電極 26 と p型層 18 との密着性も向上する。

【0038】次に、絶縁膜 28 を堆積する。絶縁膜 28 の材料としては、例えば酸化シリコンや窒化シリコンを用いることができる。さらに、PEP 法によりパターニングし、さらにエッチングすることによりボンディング・パッド 30 とオーバーコート 22 を形成する。これらは、例えば、チタンと金をこの順序で積層した構造とすることができる。

【0039】図 6 は、上述した工程により得られた発光素子の電流・電圧特性と光出力特性とを表す特性図であ

る。すなわち、同図の横軸は電流を表し、左縦軸は光出力、右縦軸は順方向電圧を表す。また、図中の実線は光出力特性を表し、破線は電流・電圧特性を表す。同図に示したように、本発明による発光素子は、接触抵抗が極めて低く、良好な電流電圧特性を示している。また、光出力特性の立ち上がりも良好である。20 ミリアンペアの電流に対する順方向電圧は約 3.3 ボルト、光出力は約 90 マイクロワットと極めて良好な特性を得ることができた。また、ウェーハ面内での電流電圧特性や光出力特性のばらつきは非常に小さく、素子歩留まりは、92%以上と非常に良好であった。

【0040】なお、本発明による発光素子 10 に関する上述の説明では、サファイア基板 12 上に n 型層 16 と p 型層 18 とをこの順序で積層する構成を例示した。しかし、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち、p 型層と n 型層との積層順序が逆であるような構成についても本発明は同様に適用することができる。この場合にはサファイア基板 12 上にバッファ層を介して、まず p 型層を成長し、次に p 型層を成長する。そして、n 型層の上に n 型のドーパントとなる不純物の薄膜を堆積し、さらにその上に酸素を含み光透過率の高い金属電極層を形成しても良い。この場合にも、熱処理を施すことにより、電極のオーミック性や光透過率を向上させることができる。

【0041】また、上述した例では、透光性電極 26 の金属元素としてニッケルを用い、半導体層 14~18 として GaN を用いた場合を例示した。しかし、本発明はこれに限定されるものではない。本発明者の実験によれば、ニッケル以外にも、透光性電極に含まれる金属元素として、チタン、白金、タングステン、パラジウム、モリブデン、バナジウム、イリジウム、ロジウム、コバルト、金、マグネシウム、及びアルミニウムのうちのいずれか 1 つまたは複数の金属元素を選択して用いても、同様に良好な結果を得られることが分かった。

【0042】また、半導体 14~18 としては、 $Ga_xAl_yIn_{1-x-y}N$ ($0 < x, y \leq 1, x + y \leq 1$) なる化学式において組成比 x 及び y をそれぞれの範囲内で変化させたすべての組成のうちから適宜選択した半導体を用いることができる。

【0043】また、製造方法において、熱処理は、p 側電極 26 のオーミック性の向上、p 側電極 26 の光透過率の向上、および n 側電極 20 のオーミック性の向上などのそれぞれの目的に応じて、別々に施しても良い。さらに、p 側電極 26 中に酸素および水素の導入させるために、それぞれのガス雰囲気中において熱処理を施しても良い。

【0044】図 7 は、本発明による発光素子を用いた発光装置を表す概略構成図である。図 6 に示したような従来の発光装置と異なり、本発明による発光装置では、発光素子 10 はサファイア基板 12 を下側に向けてリード

10

20

30

40

50

・フレーム 70 にマウントされている。そして、p 側のボンディング・パッド 30 と n 側のオーバーコート 22 とにそれぞれワイヤ 76、76 がボンディングされている。

【0045】本発明によれば、発光素子 10 の表面側から光を取り出すことができるので、同図に示したように、ガリウム砒素型の LED で用いられるようなカップ型のリードフレーム 70 を用いることができる。このようなカップ型のリード・フレーム 70 は、発光素子の実装部の周囲に光反射壁 74 を有するので、集光性が向上する。また、図 8 に示したような従来の発光装置と異なり、導電性接着剤の「はみ出し」による電極間或いは接合間のショートが発生しない。従って、製造歩留まりや長期的信頼性が改善される。

【0046】さらに、図 7 に示した装置では、発光素子のマウント位置を電極パターンにあわせて精密に調節する必要がなくなる。従って、マウント作業が容易となり、組立工程の生産性が向上する。

【0047】

【発明の効果】本発明は、以上説明したような形態で実施され、以下に説明する効果を奏する。

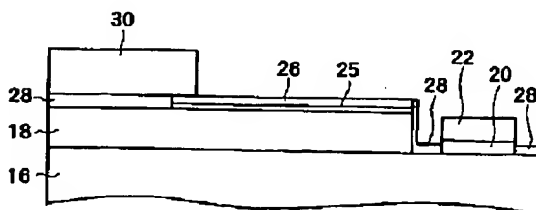
【0048】まず、本発明によれば、電極として酸素および水素を含有した金属電極層を用いることにより、電極層の光透過率を向上させ、発光層からの光を電極を透過させて効率良く取り出すことができるようになる。

【0049】本発明によれば、このように素子の表面側から光を効率良く取り出すことができるので、組立工程も簡易化され、従来問題となっていた電極間などでのショートも解消することができる。さらに、製造コストが低下し、長期的信頼性も改善される。

【0050】また、本発明によれば、電極とそれに接触する半導体層の界面付近にその半導体層の導電型を与えるドーパントを高濃度に含有させることにより、オーミック性を向上させ、電極の接触抵抗を低下させることができる。

【0051】また、本発明によれば、熱処理によって、半導体層に含有されている水素を放出させて電極層中に拡散させるという簡易な方法により、電極の光透過率をさらに改善することができる。すなわち、製造コストが低減し、歩留まりの向上を図ることができる。

【図 4】



【0052】このように、本発明によれば、高性能で高信頼性を有する半導体発光素子を簡単なプロセスにより高歩留まりで生産できるようになり、産業上のメリットは多大である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構成を表す概略断面図である。

【図 2】ニッケルに酸素と水素を含有させた場合の光透過率を示す特性図である。

【図 3】マグネシウム不純物層 24 を設けた場合と設けない場合とを比較して示した発光素子の I-V 特性図である。

【図 4】本発明による発光素子の第 2 の例を表す、p 側電極周辺の要部拡大図である。

【図 5】本発明による発光素子の第 3 の例を表す、p 側電極周辺の要部拡大図である。

【図 6】本発明により得られた発光素子の電流・電圧特性と光出力特性とを表す特性図である。

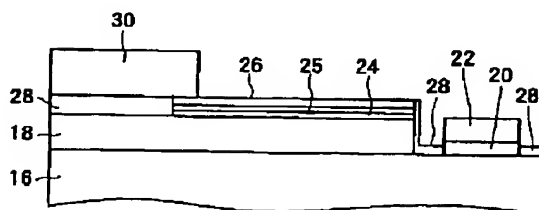
【図 7】本発明による発光素子を用いた発光装置を表す概略構成図である。

【図 8】従来の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を用いた発光装置の概略構成を表す断面図である。

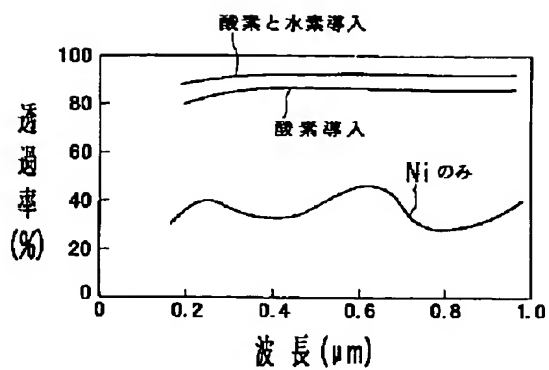
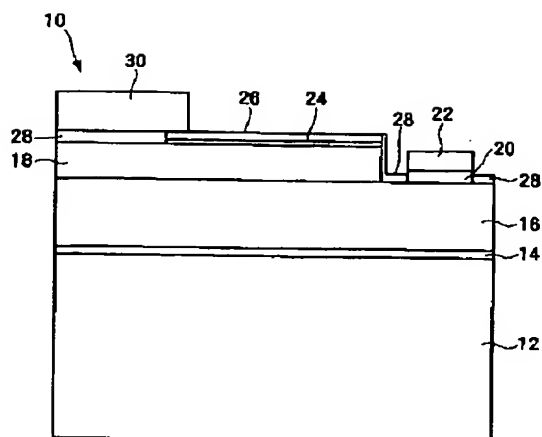
【符号の説明】

- 10、110 半導体発光素子
- 12、112 サファイア基板
- 14、114 パッファ層
- 16、116 n 型層
- 18、118 p 型層
- 20、122 n 側電極
- 22、124 オーバーコート
- 24 不純物層
- 25 第 1 の薄膜金属層
- 26 透光性電極
- 28 絶縁膜
- 30 ボンディング・パッド
- 70、130 リード・フレーム
- 74 反射壁
- 76 ワイヤ
- 140 導電性接着剤

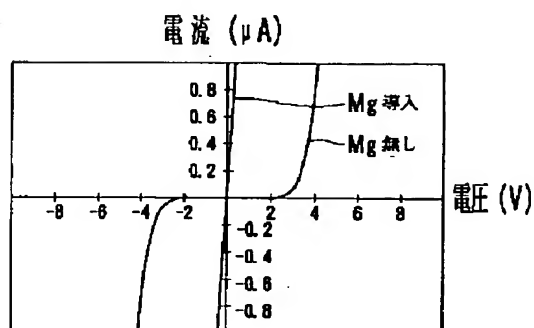
【図 5】



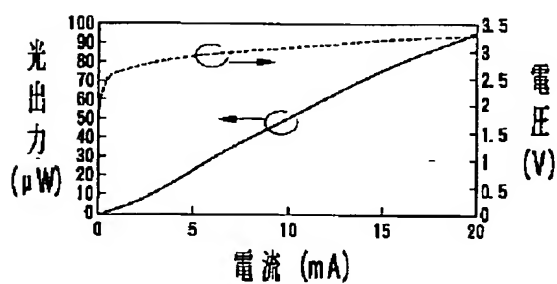
【図 2】



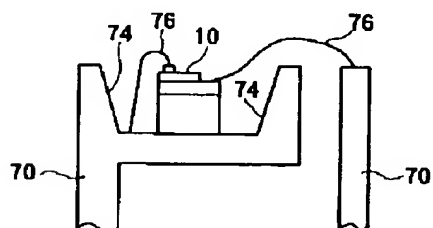
【図 3】



【図6】



【図 7】



【図 8】

